

THESIS

MARBURG

1965

Aus der Anästhesieabteilung
(Leiter: Priv.-Doz. Dr. med. H. Oehmig)
der Chirurgischen Universitätsklinik Marburg
(Direktor: Prof. Dr. med. M. Schwaiger)

Vergleichende Messungen des Blutverlustes bei Operationen

Inauguraldissertation

zur

Erlangung des Doktorgrades

in der gesamten Medizin der Hohen Medizinischen Fakultät
der Philipps-Universität zu Marburg/Lahn

vorgelegt von

Gassan Hammami Hauasli

aus Damaskus/Syrien

Marburg 1965

Fotodruck von Erich Mauersberger in Marburg

Aus der Anästhesieabteilung
(Leiter: Priv.-Doz. Dr. med. H. Oehmig)
der Chirurgischen Universitätsklinik Marburg
(Direktor: Prof. Dr. med. M. Schwaiger)

Vergleichende Messungen des Blutverlustes bei Operationen

Inauguraldissertation

zur

Erlangung des Doktorgrades

in der gesamten Medizin der Hohen Medizinischen Fakultät
der Philipps-Universität zu Marburg/Lahn

vorgelegt von

Gassan Hammami Hauasli

aus Damaskus/Syrien

Marburg 1965

Fotodruck von Erich Mauersberger in Marburg

Angenommen von der Medizinischen Fakultät
der Universität Marburg am 15.12.65
Gedruckt mit Genehmigung der Fakultät
Dekan: Prof. Dr. med. O. Braun-Falco
Referent: Priv.-Doz. Dr. med. H. Oehmig
Correferent: Prof. Dr. med. M. Schwaiger

Vergleichende Messungen des Blutverlustes bei Operationen:

Gliederung

- A. Einleitung
- B. Ansichten über verschiedene Meßmethoden zur Messung des Blutverlustes bei Operationen in der Literatur
- C. Meßverfahren beider Meßgeräte
 - I. Das Hämaporrhometer
 - II. Das Perdometer
- D. Meßergebnisse und Tabellen
- E. Kritische Betrachtung der Ergebnisse
- F. Zusammenfassung
- G. Literaturverzeichnis

A. Einleitung:

Bei jedem chirurgischen Eingriff entsteht ein Blutverlust, der nach Art und Dauer der Operation mehr oder weniger hoch sein kann.

Höhere Blutverluste schaden dem Organismus, unter Umständen können sie sogar lebensbedrohend sein. Das gilt für die Unfallchirurgie, für die Bauch- und Thoraxchirurgie, in besonderem Maße jedoch für die Gefäß- und Herzchirurgie, die in letzter Zeit so große Fortschritte gemacht hat.

Heute sind wir in der glücklichen Lage, Schäden und Gefahren des gefürchteten Blutverlustes durch Bluttransfusionen zu begegnen. Es erhebt sich aber die Frage, wann und wieviel Blut transfundiert werden soll.

Dazu bestehen verschiedene Möglichkeiten:

1. Man kann den Kreislauf beobachten und beim Auftreten eines Schockes Blut transfundieren. Dabei können aber Schäden auftreten;
2. Um keine Schäden aufkommen zu lassen, könnte man bei jeder Operation von Anfang an Blut transfundieren. Hierbei würde aber der Verbrauch an Konserven unwirtschaftlich hoch sein;
3. Die beste Methode zur Behebung des Blutverlustes bei Operationen ist die gezielte Bluttransfusion, die mit einer genauen Messung des Blutverlustes parallel läuft.

Wir haben uns in der Chirurgischen Klinik in Marburg mit dem Problem der Messung des Blutverlustes bei Operationen befaßt.

In der Literatur werden verschiedene Meßmethoden beschrieben:

1. Die Bestimmung des Gewichtes des Patienten vor und nach der Operation;
2. Die Gravimetrie, wobei Tupfer, Tücher und Operationsmäntel vor und nach der Operation gewogen werden;
3. Die Messung des Hämatokrits, der Plasmamenge und des Eisengehaltes des Blutes vor und nach der Operation;

4. Die Messung des Plasmas und Zählung der Erythrozyten nach vorausgegangener Markierung der Erythrozyten mit Cr^{51} ;
5. Erythrozytenvolumen-Meßmethode T 1824 (Stanton (8));
6. Die colorimetrische Bestimmung des Hämoglobingehaltes einer bekannten Wassermenge, in der das verlorengegangene Blut aus dem Operationsgebiet und aus Tupfern und Tüchern gelöst ist;
7. Die elektrolytische Meßmethode, bei der die elektrische Leitfähigkeit einer bekannten Wassermenge bestimmt wird, in der das verlorengegangene Blut aus dem Operationsgebiet und aus Tüchern und Tupfern gelöst ist.

Zur Bestimmung des Blutverlustes bei Operationen haben wir uns der colorimetrischen und elektrolytischen Meßmethode bedient und diese auch kombiniert angewendet. Für die gestellte Aufgabe standen uns zwei Apparate zur Verfügung:

1. Das Hämaporrhometer,
2. das Perdometer.

Mit diesen Apparaten wurden vergleichende Messungen durchgeführt.

B. Ansichten über verschiedene Methoden zur Messung von Blutverlust bei Operationen in der Literatur:

BARANOVSKY, TREOLAR und WANGENSTEEN (1) und HERCUS (6) halten die gravimetrische Methode zur Messung des Blutverlustes bei Operationen für eine gute Methode, die einfach auszuführen sei.

Sowohl BARANOVSKY (1) als auch THORNTON (10) sind der Meinung, daß bei der Methode des Wiegens des Patienten vor und nach der Operation höhere Werte für den Blutverlust erzielt werden als bei der gravimetrischen Methode. Sie erklären diese Differenz durch den Gewichtsverlust des Patienten infolge Schwitzens und Absonderung von Schleim, z. B. bei der Narkose.

BARANOVSKY (1) stellt fest, daß die Ergebnisse der colorimetrischen Methode um 10 % niedriger lägen als bei der Gravimetrie. STANTON (8) und THORNTON (10) stellten aber das Gegenteil fest. THORNTON (10) fand bei der colorimetrischen Methode Werte, die um 0,4 % bis 35 % höher liegen als bei der gravimetrischen Methode und errechnete einen Mittelwert von 6,7 %, um den die Ergebnisse bei der colorimetrischen Methode höher liegen als bei der gravimetrischen Methode. Er erklärte diese Differenz durch die Methodik der Gravimetrie, bei der - wie er meint - die blutgetränkten Kittel und Operationstücher nicht gewogen und dadurch nicht berücksichtigt worden seien.

STANTON (8) vergleicht die Ergebnisse der Blutverlustmessungen nach der gravimetrischen Methode einerseits mit denen der colorimetrischen Methode und andererseits mit den Resultaten der Erythrozytenvolumen-Meßmethoden (T 1824-Methode) und stellt große Differenzen der Werte fest. Er ist der Ansicht, daß bei Erythrozytenvolumenmessung auch die larvierte Blutmenge erfaßt wird. Diese larvierte Blutmenge, die bei der Operation in das Gewebe, also in den extravasalen Raum, gelangt, ist für den Kreislauf auch verloren. Bei den erstgenannten Methoden - gravimetrische und colorimetrische Methode - müsse das Ergebnis der gesamten verlorenen Blutmenge daher mindestens um 60 - 80 ml korrigiert werden, bei Verlust von 200 - 300 ml Blut.

THORNTON (10) ist bei seinen Untersuchungen zu der Überzeugung gekommen, daß alle Methoden - die gravimetrische Methode, die colorimetrische Methode, das Wiegen des Patienten vor und nach der Operation und die Erythrozytenvolumenmessung - in ihren Ergebnissen nahe übereinstimmen. Auch er stellt fest, daß die Erythrozytenvolumen-Meßmethoden larvierte Blutmengen miterfassen, die bei den anderen Methoden nicht berücksichtigt werden. Nach seiner Ansicht ist die colorimetrische Methode ein einfaches und praktisches Verfahren, um Blutverluste zu bestimmen.

Das Meßergebnis soll aber nur das Minimum der Vollblutmenge darstellen, die man transfundieren muß.

STEWART und ROURKE (9) sind auch der Meinung, daß die bei der Operation verlorene Blutmenge größer ist als der errechnete Wert nach Messung des Hämatokrit, des Hämoglobins und des Plasmas vor und nach der Operation.

COLLER (3) hat gefunden, daß durch Blutverlust bei der Operation keine großen Veränderungen des Hämatokrit, des Hämoglobins und des Plasmas auftreten. Er äußert die Meinung, daß bei jeder Operation, bei welcher der Blutverlust mehr als 300 ml beträgt, die verlorene Blutmenge bei der Operation aus Vollblutkonserven ersetzt werden soll.

BONICA und LYTER (2) haben ebenfalls die gravimetrische Methode angewandt. Sie haben jedes errechnete Gramm durch 1 ml Vollblut ersetzt, ohne dabei eine Korrektur vorzunehmen. Bei der Operation wurde mit trockenen als auch mit Flüssigkeit getränkten Tupfern gearbeitet.

BARANOSFKY (1) und HERCUS (6) haben dagegen ausschließlich trockene Tupfer bei der Operation gebraucht.

BONICA (2) ist aber auch der Meinung, daß die Menge des verlorenen Blutes größer ist als durch die gravimetrische Methode angegeben wird.

LE VEEN (5) hat die elektrolytische Methode angegeben. Er ist der Meinung, daß die gravimetrische Methode viele Ungenauigkeiten aufweist. Unter anderem könnte man wegen des spezifischen Gewichtes von Blut mit 1027 nicht einfach ein Gramm des bestimmten Verlustes durch ein ml Vollblut ersetzen. Die verwendeten Tupfer müßten unverzüglich gewogen werden, um Fehler, die durch das Verdunsten der Flüssigkeit entstehen könnten, auszuschalten. Außerdem sei die Schulung des Personals für die Wägung schwierig und das Wiegen der Tupfer selbst sehr ungenau.

Nach Meinung LE VEENS (5) ist die colorimetrische Methode mit vielen Fehlern behaftet. Zum einen würde eine Veränderung des

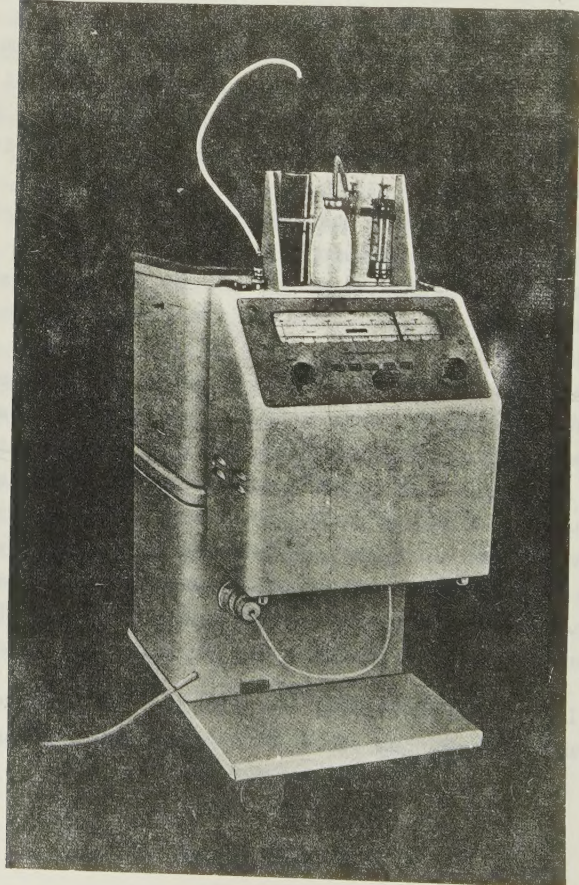
alkalischen Hämatin und zum anderen das Vorhandensein von Fett eine Störung der optischen Durchlässigkeit hervorrufen. Die gleiche Wirkung hätten die von den Tupfern stammenden Baumwollfusseln.

Diese Methode ist nach LE VEEN (5) eine Messung "von Minute zu Minute" geeignet, obwohl sie ungenau sei.

Somit treten beide Autoren für die elektrolytische Methode ein.

C. Meßverfahren beider Geräte:

I. Das Hämaporrhometer:



Das Hämaporrhometer wurde von VAN DEN BERG entworfen. Die Arbeitsweise des Apparates ist auf dem Prinzip der Wheatston'schen Brücke aufgebaut: Ein Brückenzweig besteht aus einer Wassermenge (Leitungswasser!), deren Leitfähigkeit durch das aus Tüchern, Tupfern etc. ausgewaschene Blut verändert wird. Je größer der Blutgehalt und damit der Elektrolytgehalt des Wassers ist, desto kleiner ist sein Widerstand. Die dadurch bedingte Änderung des Brückengleichgewichtes wird auf einer Skala angezeigt und ist dem Elektrolytgehalt proportional.

Der Apparat ist so konstruiert, daß weder die Temperatur noch die Eigenleitfähigkeit des Wassers die Messung beeinträchtigt.

Die physikalische Grundlage des Apparates wird folgendermaßen beschrieben:

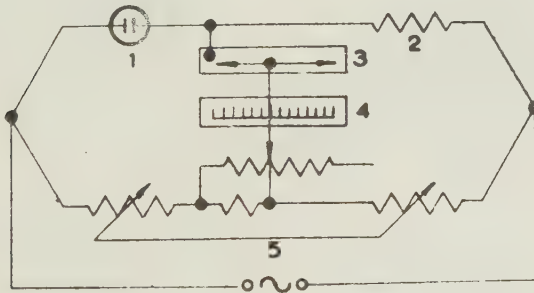


Abb. 2: Schaltbild: 1. Meßkopf, 2. Widerstand, 3. Verstärker, 4. Skala mit zwei Meßbereichen, 5. Skalengkorrekturknopf.

Legt man an zwei Metallplatten, die in eine Salzlösung getaucht sind, eine Wechselspannung, so fließt ein Strom, dessen Stärke nach dem Ohm'schen Gesetz berechnet werden kann:

$$I = \frac{U}{R}.$$

Bei Erhöhung der Salzkonzentration der Lösung vermindert sich der Widerstand. Die Leitfähigkeit wird größer:

$$\text{Leitfähigkeit} = \frac{1}{R}.$$

Die Leitfähigkeit (Widerstand) wird durch eine Brückenschaltung (selbstabgleichende Wechselstrombrücke) gemessen.

Eine Relation zwischen der Leitfähigkeit und der Menge gelösten Blutes in destilliertem Wasser ist anhand der Kurve von LE VEEN (5) zu sehen (Abb. 3).

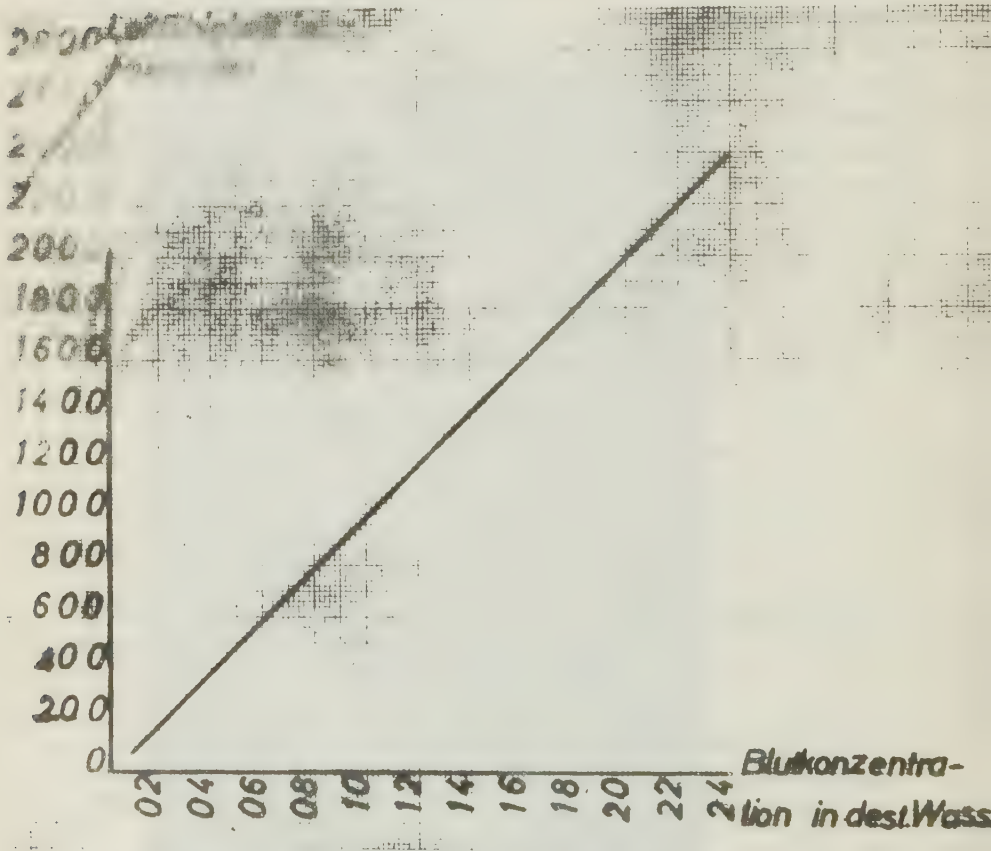


Abb. 3: Relation zwischen Leitfähigkeit und Menge gelösten Blutes in destilliertem Wasser.

Das Hämaporrhometer besteht aus einer fast geräuschlos arbeitenden handelsüblichen Haushaltswaschmaschine und ist mit einem Leitfähigkeits-Meßkopf versehen. Dieser Meßkopf kann leicht aus der Wascheinrichtung entfernt werden. Außerdem besitzt der Apparat ein elektronisches Meßgerät (selbstabgleichende Meßbrücke), das die Blutverliste direkt an einer linearen Skala in ml anzeigt. Die Maschine wird am Wechselstromnetz im Operationssaal angeschlossen. Die elektrische Leitfähigkeit des Wassers differiert je nach Zusammensetzung des jeweils verwendeten Leitungswassers. Um die dadurch möglichen Meßfehler auszuschalten und die Leitfähigkeit des Wassers konstant zu halten, wird dem Wasser eine gesättigte NaCl-Lösung zugegeben. Auf diese Weise kann jeweils die erforderliche Null-Einstellung des Gerätes vorgenommen werden. Im Verlauf der Operation werden sämtliche Tupfer, blutgetränkte Tücher und Mäntel sowie der Inhalt der Absaugflaschen in die ständig laufende Maschine gegeben, wodurch die Leitfähigkeit des Wassers zunimmt und der Blutverlust direkt abgelesen werden kann. Aufgrund der gestellten Anforderungen wurden für das Gerät zwei verschiedene Meßbereiche vorgesehen, ein Bereich bis zu 1 l und ein weiterer bis zu 4 l Blutverlust.

Kontrollversuche ergaben, daß die Auswaschung des Blutes nach 3 - 5 Minuten Waschdauer bereits innerhalb der realisierbaren Meßgenauigkeit als vollständig angesehen werden kann.

Verluste durch Absorption durch Gewebe, Tupfer usw. oder eine anzunehmende unvollständige Auswaschung sind so klein, daß sie vernachlässigt werden können.

Es muß beachtet werden, daß Merfen mit den vorhandenen Ionen ein unlösliches Komplexsalz bildet und somit die Leitfähigkeit des Wassers reduziert wird. Merfenhaltige Tupfer sollten daher nicht in die Maschine gebracht werden (GRUBER (4)).

Aus dem bisher Gesagten folgt aber, daß bei Einsatz dieses Gerätes bei der Durchführung der Operation keine physiologische Kochsalzlösung verwendet werden sollte. Zum Tränken der Tücher und Tupfer müßten daher andere Lösungen verwendet werden, welche das Meßergebnis nicht beeinflussen würden, so z. B. 2,5 %ige Glukoselösung. Aus technischen Gründen kann aber Glukoselösung bei der Operation nicht verwendet werden, weil dadurch aufgrund osmotischer Vorgänge dem Körper ein Teil des Elektrolytgehaltes entzogen würde. Außerdem ist die Glukoselösung klebrig und würde die Arbeit bei der Operation unnötig erschweren. Dazu kommt, daß es eine kostspielige Sache wäre, für jede Operation 2 Liter in den Vorratsbehälter zu geben, von denen ja nur 200 - 500 ml verbraucht werden.

Wir haben daher untersucht, ob eine bestimmte Menge physiologischer Kochsalzlösung, die in den Apparat gegeben wurde, an der Skala des Apparates als gleiche Menge Blut angezeigt wird. Es ist nicht der Fall, und zwar liegt der angezeigte Wert höher. Wir haben daher anhand der Kurve (Abb. 4) und der Tabelle (Tab. 1) trotz einer Abweichung von der tatsächlichen Menge gesehen, daß die Tabelle brauchbar ist.

Vor und nach der Operation wurde die Menge der Kochsalzlösung im Vorratsbehälter gemessen. Die Differenz der beiden Mengen muß also in den Tüchern und Tupfern enthalten sein. Diese Menge Kochsalzlösung wird nach der Tabelle umgerechnet und dann von der ganzen an der Skala angezeigten Menge abgezogen.

Zugegebene einzelne Menge	Angezeigte Menge	Gesamte zugegebene Menge	Gesamte angezeigte Menge
25	40	25	40
25	40	50	80
25	40	75	120
25	40	100	160
50	80	150	240
50	80	200	320
75	120	275	440
75	120	350	560
50	80	400	640
100	160	500	800
100	160	600	960
200	365	800	1325
200	350	1000	1675
300	500	1300	2175
200	315	1500	2490
500	860	2000	3350

Tab. 1: Die Fehlerbestimmung von Kochsalzlösung
im Hämaporrhometer.

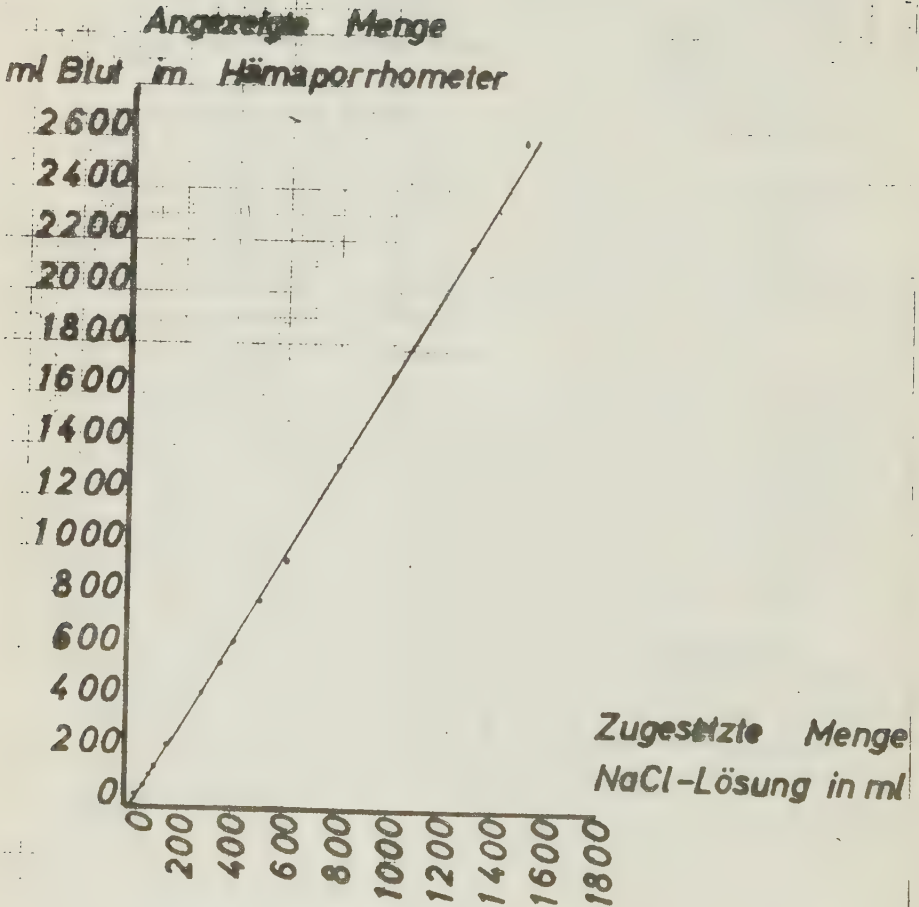


Abb. 4: Darstellung zu Tab. 1.

Beispiel: Patient N. K.

56 J., 72 kg.

Operation: Strumaresektion.

Operationsdauer: 60 Minuten.

Menge der Kochsalzlösung im Kompressenwärmer

vor der Operation 1990 ml

nach der Operation 1500 ml

ergibt 490 ml NaCl-Lösung in Tüchern und
Tupfern. Laut Tab. 1 entspricht diese Menge von 490 ml
NaCl-Lösung 790 ml Blut.

Der Zeiger an der Skala hatte 1300 ml als Blutverlust ange-
zeigt. Die tatsächlich verlorene Blutmenge beträgt also
 $1300 \text{ ml} - 790 \text{ ml} = 510 \text{ ml}$ Blut.

Es ist allerdings zu beachten, daß mit dem Hämaporrhometer
der Blutverlust nicht kontinuierlich, sondern lediglich am
Ende der jeweiligen Operation abgelesen werden kann. Denn
nur so ist die Menge der verbrauchten Kochsalzlösung zu be-
stimmen.

II. Das Perdometer:

Ein anderes Verfahren zur Messung von Blutverlust bei
Operationen wird von einer schwedischen Firma (Ab Lars
Lyungber u. Co.) angegeben. Diese Firma entwickelte das
sogenannte Perdometer (Abb. 5).

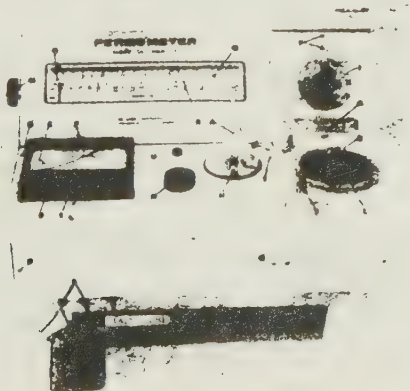


Abb. 5: Das Perdometer.

Wie das Hämaporrhometer besteht auch das Perdometer aus einer Waschmaschine, ist etwas kleiner als das Hämaporrhometer und besitzt ein Fassungsvermögen von 38 l. Durch eine angeschlossene Küvette wird das Wasser mit dem Hämolysator und das hämolysierte Blut gepumpt.

Die Küvette besteht aus einem durchsichtigen Glasbehälter und einer Photozelle.

Zum Apparat gehört auch eine Tabelle, die auf unterschiedlichen Hämoglobingehalt einzustellen ist. Der Apparat arbeitet photoelektrisch.

Die Schwächung eines Lichtstrahles erfolgt in einer Durchfluß-Küvette, durch die die Blutlösung (Inhalt der Waschmaschine) hindurchgesaugt wird. Die Schwächung ist dem Gehalt an ausgewaschenem Blut proportional. Aus der so bestimmten Extinktion E der Lösung kann nach dem Lambert-Beerschen Gesetz die unbekannte Konzentration C berechnet werden, wenn Lichtstärke und mittlerer Extinktionskoeffizient bekannt sind. (KORTÜM (7)).

Es werden - wie bei dem Hämaporrhometer - Blut, Tupfer etc. in die Maschine gebracht.

Der Zeiger P zeigt kontinuierlich nach 5 Minuten Auswaschen die verlorene Blutmenge mit Hilfe der Tabelle Q.

Wenn der Patient außer Bluttransfusionen noch andere Infusionen im Laufe der Operation erhält, muß 1 % für je 100 ml Infusion zum angezeigten Verlust zugerechnet werden.

Wenn bei der Operation Kochsalzlösung benutzt wird, in die Tücher oder Tupfer getaucht werden, erhöht sich pro 1000 ml verbrauchte Kochsalzlösung der Blutverlust um 2,5 % gegenüber der gemessenen Menge. Im Gegensatz zum Hämaporrhometer ist es beim Perdometer möglich, den Blutverlust kontinuierlich während der Operation abzulesen, da die Berechnung des Blutverlustes nicht im gleichen Maße wie beim Hämaporrhometer von der Berechnung der verbrauchten Kochsalzlösung abhängig ist.

Beispiel: Patient N. K.

76 J., 72 kg.

Hämoglobin = 88,8 %.

Angezeigter Blutverlust: 480 ml.

Blutkonserve: keine.

Makrodex 600 ml, deshalb Korrektur

1 %/100 ml = 6 % d. angezeigt.

Verlustes = 28,8 ml Blut.

Kochsalz in Tüchern 500 ml,

deshalb Korrektur 2,5 % d. angezeigt.

Verlustes/1000 ml NaCl = 6,0 ml

$480 + 28,8 + 6,0 = 514,8$.

Um die Arbeit zwischen den beiden Maschinen zu guten Ergebnissen zu bringen, haben wir beide miteinander kombiniert und gleichzeitig arbeiten lassen. Wir haben den Meßkopf des Hämaporrhometers in das Perdometer eingetaucht und zuerst mit konzentrierter Kochsalzlösung Eichmessungen durchgeführt. Dann wurden 100 ml Hämolysator zugegeben, welcher einen Elektrolytgehalt hat, und zwar zeigte der Apparat für 100 ml Hämolysator 130 ml an der Skala an. Von der angezeigten Blutverlustmenge sind dann 130 ml abzuziehen.

Wir konnten also mit dieser Anordnung den Blutverlust vergleichend messen.

Insgesamt ist bei 80 Operationen ohne Auswahl der Blutverlust bestimmt worden.

Aus den Tabellen ergibt sich, daß für eine bestimmte Art von Operationen ein erheblicher Unterschied in der Menge des Blutverlustes gemessen wurde.

D. Meßergebnisse:

Um die Meßergebnisse miteinander vergleichen zu können, wurden zunächst beide Geräte - Perdometer und Hämaporrhometer - auf ihre Zuverlässigkeit hinsichtlich der angezeigten Blutmengen untersucht. In einem Versuch wurden beide Geräte mit-

einander kombiniert. Es zeigte sich, daß bei Zufügung von verschiedenen bekannten Mengen Blutes beide Geräte hinsichtlich der gemessenen Mengen übereinstimmten und beide Meßwerte der tatsächlichen Blutmenge entsprachen (vergl. Tab. 2).

Zugef. Blut in ml	Hämaporrhometer	Perdometer
100	100	100
170	170	170
240	240	240
440	440	440
800	800	800

Tab. 2: Meßwerte bekannter Blutmengen
in beiden Geräten.

Vergleichende Messungen des Blutverlustes bei Herzoperationen:

Bei insgesamt fünf verschiedenen Herzoperationen wurde der jeweilige Blutverlust sowohl durch das Hämaporrhometer als auch durch das Perdometer gemessen. Dabei zeigte sich, daß die in beiden Apparaten angezeigten Mengen in allen Fällen eine Differenz aufwiesen, und zwar überwog die durch das Hämaporrhometer angezeigte Menge in drei Fällen den Meßwert des Perdometers, in zwei Fällen lagen die Werte unter denen des Perdometers (vergl. Tab. 3).

Die niedrigeren Werte auf der Skala des Hämaporrhometers wurden durch folgende Umstände verursacht: Aufgrund der verschiedenen Arbeitsprinzipien beider Geräte wurde im Hämaporrhometer zusätzlich zur tatsächlichen Blutmenge auch die in den Tüchern und Tupfern enthaltene NaCl-Menge gemessen.

Obwohl die Menge der verbrauchten NaCl-Lösung bei jeder Operation bekannt war, kann der durch Subtraktion dieser Menge vom gesamten angezeigten Wert errechnete Wert für den Blutverlust

nicht als zutreffend angesehen werden. Die verbrauchte Menge der NaCl-Lösung gelangt aller Wahrscheinlichkeit nach nicht vollständig in die Meßgeräte; es muß angenommen werden, daß ein Teil im Körper des Patienten zurückbleibt bzw. auf andere Weise verloren geht, ehe die Lösung in das Meßgerät gelangt.

Die große Differenz zwischen Meßwert des Perdometers und des Hämaporrhometers bei der Vorhofseptumdefekt-Operation (Tab. 3) erklärt sich aus der Tatsache, daß während der Operation eine unbekannte Menge NaCl-Lösung in die Kompressorwärmer gegeben wurde, die infolgedessen vom gesamten angezeigten Wert auch nicht abgezogen werden konnte wie in den anderen Fällen.

Operation	Perdometer	Hämaporrhometer	Differenz
Commissurotomie	850	860	+10
Vorhofsept. Defekt	1225	1250	+25
Vorhofsept. Defekt	1462	1215	-247
Vorhofsept. Defekt (Herz-Lungen- Maschine)	2000	1800	-200
Vorhofsept. Defekt (Herz-Lungen- Maschine)	2050	3015	+965

Tab. 3: Differenz des angezeigten Blutverlustes in ml bei Herzoperationen.

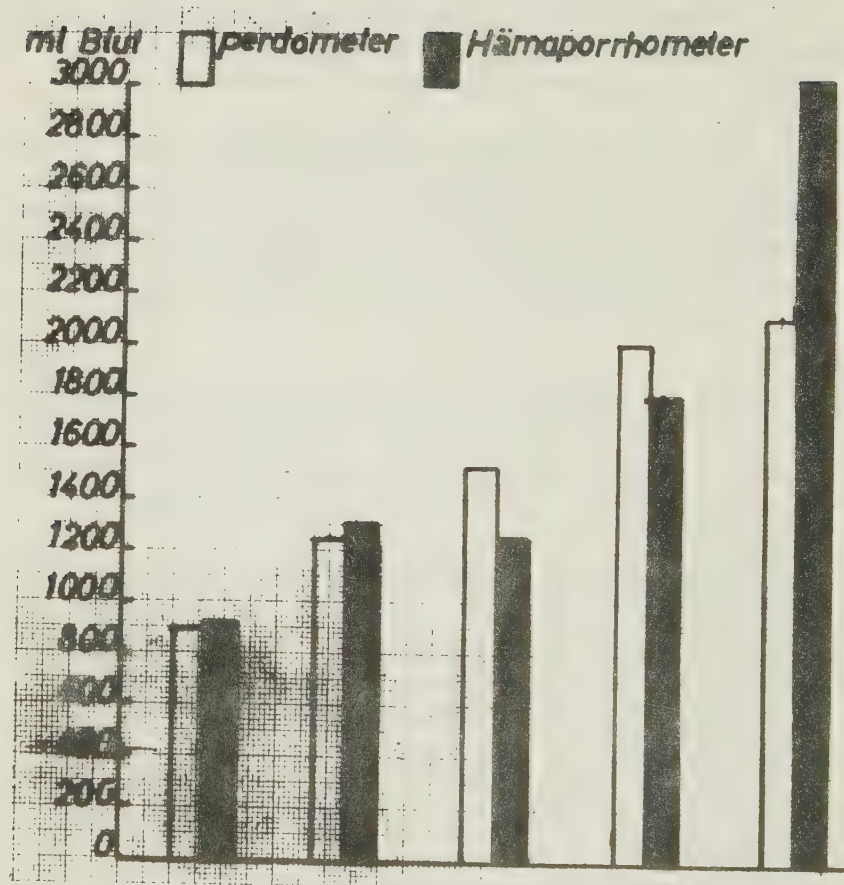


Abb. 5: Darstellung zu Tab. 3.

Insgesamt läßt sich sagen, daß bei den angeführten Operationen das Perdometer genauere Meßwerte für den Blutverlust lieferte als das empfindlichere Hämoporrhometer, dessen Werte durch verschiedene Faktoren - hier NaCl - beeinträchtigt werden können.

Vergleichende Messungen des Blutverlustes bei Gallenoperationen:

Bei den Messungen des Blutverlustes bei insgesamt 15 Gallenoperationen zeigte sich bis auf zwei in allen Fällen wiederum eine Differenz der Meßwerte in beiden Meßgeräten, wobei der durch das Hämaporrhometer angezeigte Wert jeweils höher lag.

Operation	Perdometer	Hämaporrhometer	Differenz
Cholecystektomie	20	20	00
Cholelithiasis	20	20	00
Cholecystektomie	32	35	+03
"	80	80	00
"	110	120	+10
"	120	120	00
"	120	130	+10
"	143	140	-03
Cholecystektomie mit Verschlußikt.	108	150	+42
Cholecystektomie	145	175	+30
Cholecystektomie mit Verschlußikt.	156	230	+74
"	127	240	+113
"	186	280	+106
"	244	360	+116
"	420	435	+15

Tab. 4: Differenz des angezeigten Blutverlustes in ml bei Gallenoperationen.

Hier lassen sich die Differenzen durch die Tatsache erklären, daß von den Meßgeräten während der Operation außer dem verlorenen Blut auch Gallenflüssigkeit angesaugt wird. In einem Versuch ergab sich, daß Gallenflüssigkeit wegen ihres Elektrolytgehaltes die gleiche Wirkung auf das Häma-

porrhometer hat wie Blut. So zeigte das Hämaporrhometer auch die größten Differenzen bei Verschlusßikterus mit gestauten Gallengängen. Da die angesaugte Menge der Gallenflüssigkeit nicht bekannt war, konnte auch der tatsächliche Blutverlust nicht aus den Werten des Hämaporrhometers berechnet werden.

Hieraus darf ebenfalls auf eine zuverlässigere Messung des tatsächlichen Blutverlustes durch das Perdometer geschlossen werden, da seine Werte nicht durch den Elektrolytgehalt der Gallenflüssigkeit beeinträchtigt werden.

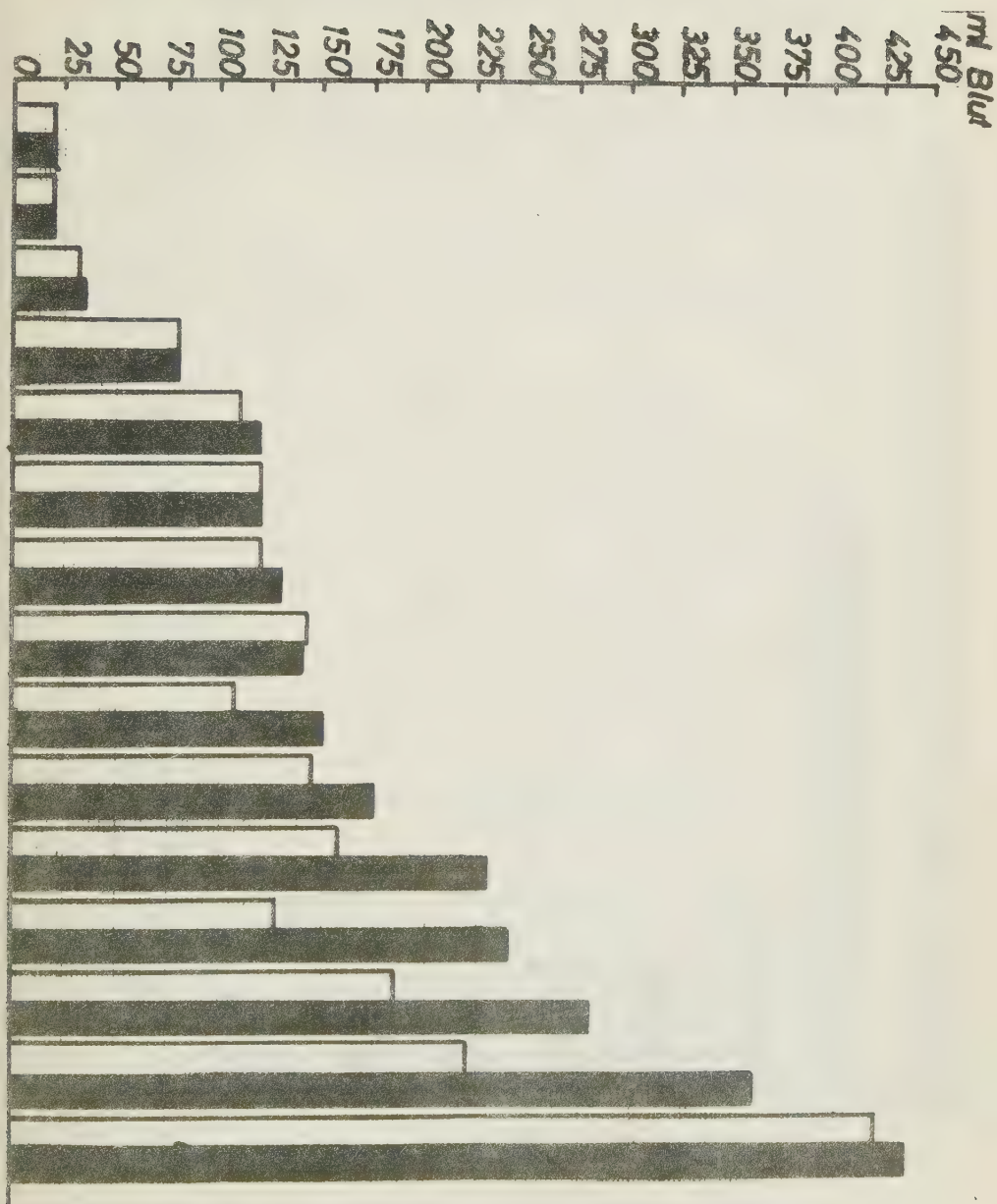


Abb. 6: Darstellung zu Tab. 4.

Vergleichende Messungen des Blutverlustes bei Magenoperationen:

Der Blutverlust bei Magenoperationen wurde in 10 Fällen vergleichend gemessen, wobei sich in allen Fällen Differenzen zwischen Perdometer und Hämaporrhometer ergaben. Wiederum lagen die Werte des Hämaporrhometers über denen des Perdometers (Tab. 5).

Operation	Perdometer	Hämaporrhometer	Differenz
Billroth II	100	120	+20
"	143	160	+17
"	160	190	+30
"	166	205	+39
"	260	270	+10
Pylorus Cardia-Ca.	240	270	+30
Billroth II	282	290	+08
"	505	540	+35
"	1150	1155	+05
" mit Ascites	1725	1875	+150

Tab. 5: Differenz des angezeigten Blutverlustes in ml bei Magenoperationen.

In Anbetracht der zum Teil großen Differenzen muß angenommen werden, daß das Meßergebnis des Hämaporrhometers zusätzlich durch den Elektrolytgehalt der aus dem Magen-Darm-Bereich angesaugten Flüssigkeiten verändert wurde. Hierzu kam im Falle mit Ascites eine noch größere Beeinträchtigung des Meßwertes durch den Elektrolytgehalt derselben.

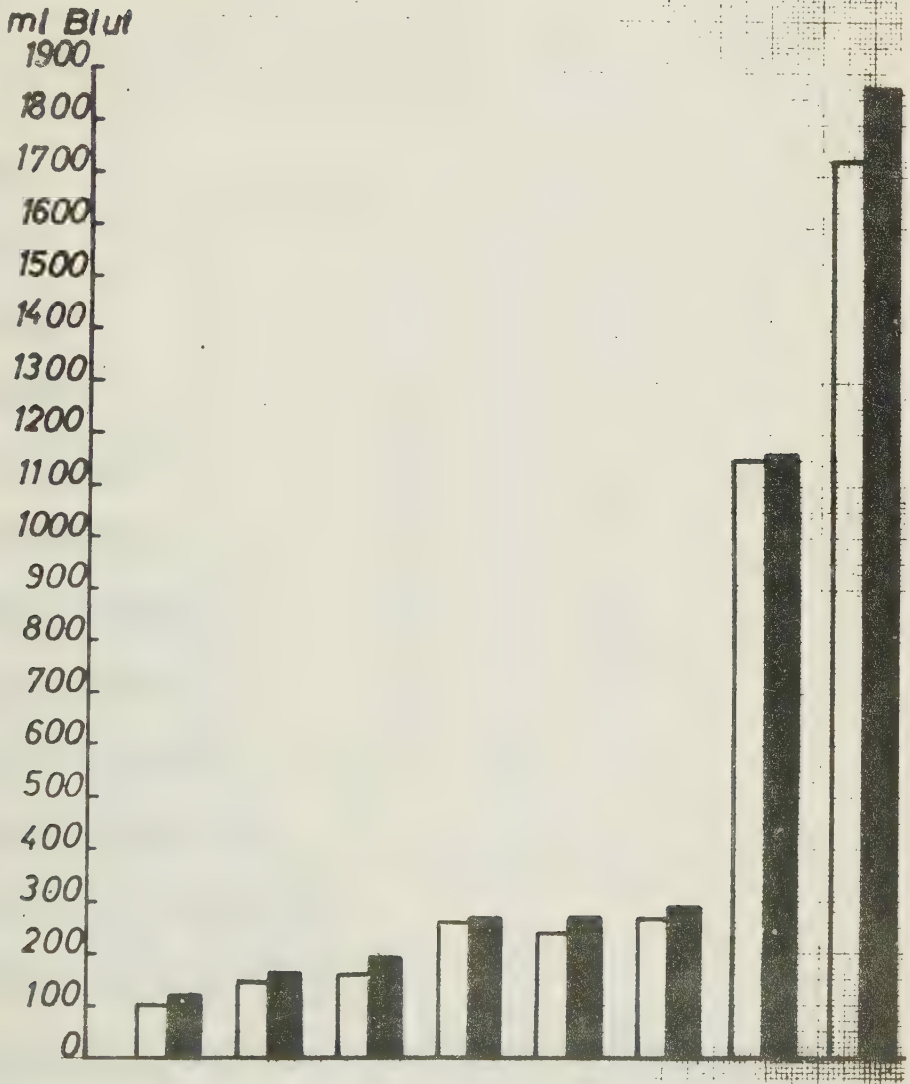


Abb. 7: Darstellung zu Tab. 5.

Vergleichende Messungen des Blutverlustes bei Strumaresektionen:

Auch bei den insgesamt 15 Messungen des Blutverlustes bei Strumaresektionen ergab sich, daß bis auf einen Fall das Hämaporrhometer höhere Werte anzeigte als das Perdometer (vergl. Tab. 6).

Operation	Perdometer	Hämaporrhometer	Differenz
Strumaresekt.	64	65	-01
"	90	90	· 00
"	140	150	+10
"	140	150	+10
"	190	200	+10
"	221	250	+29
"	360	370	+10
"	370	390	+20
"	440	450	+10
"	401	470	+69
"	505	510	+05
"	560	675	+115
"	668	710	+42
"	641	760	+119
"	1500	1680	+180

Tab. 6: Differenz des angezeigten Blutverlustes in ml bei Strumaresektionen.

Die beträchtliche Differenz der Werte in den vier letzten Fällen (Tab. 6) wurde durch eine unbekannte Menge NaCl-Lösung verursacht, die zusätzlich nach der Operation in das Wundgebiet gegeben wurde. Die Meßwerte des Perdometers dagegen sind von diesem Faktor unabhängig.

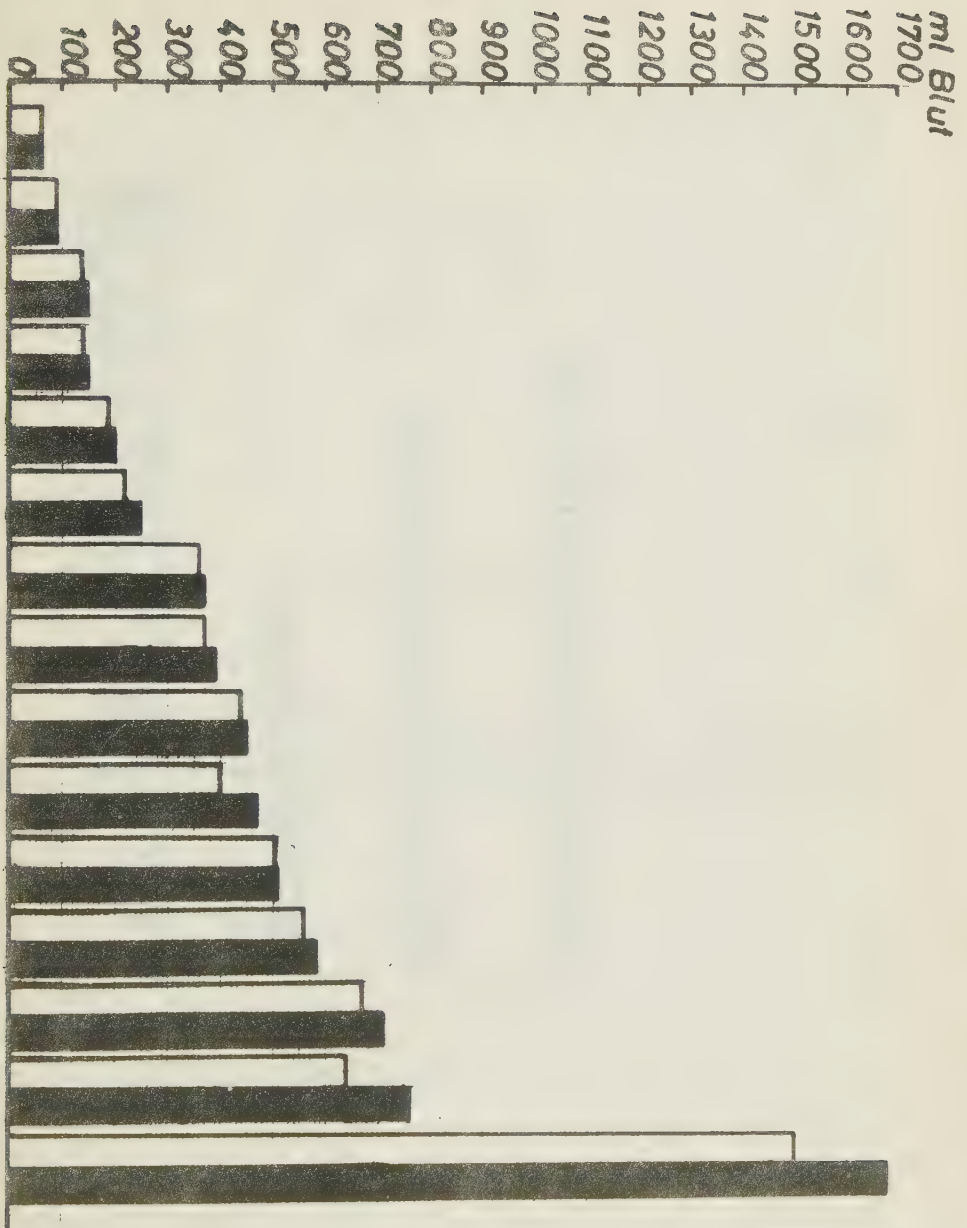


Abb. 8: Darstellung zu Tab. 6.

Vergleichende Messung des Blutverlustes bei Prostataoperationen:

Erhebliche Differenzen der Meßwerte für den Blutverlust wurden bei 3 Prostataoperationen beobachtet. Auch hier zeigte das Hämaporrhometer die höheren Werte (Tab. 7).

Operation	Perdometer	Hämaporrhometer	Differenz
Prostata- resektion	320	390	+70
"	500	540	+40
"	560	609	+49

Tab. 7: Differenz des angezeigten Blutverlustes in ml bei Prostataoperationen.

Es ist unvermeidlich, daß während der Operation ein Teil Urin mit dem Blut von den Meßgeräten angesaugt wird, dessen Elektrolytgehalt die Meßwerte des Hämaporrhometers im Gegensatz zu denen des Perdometers beträchtlich verändert.

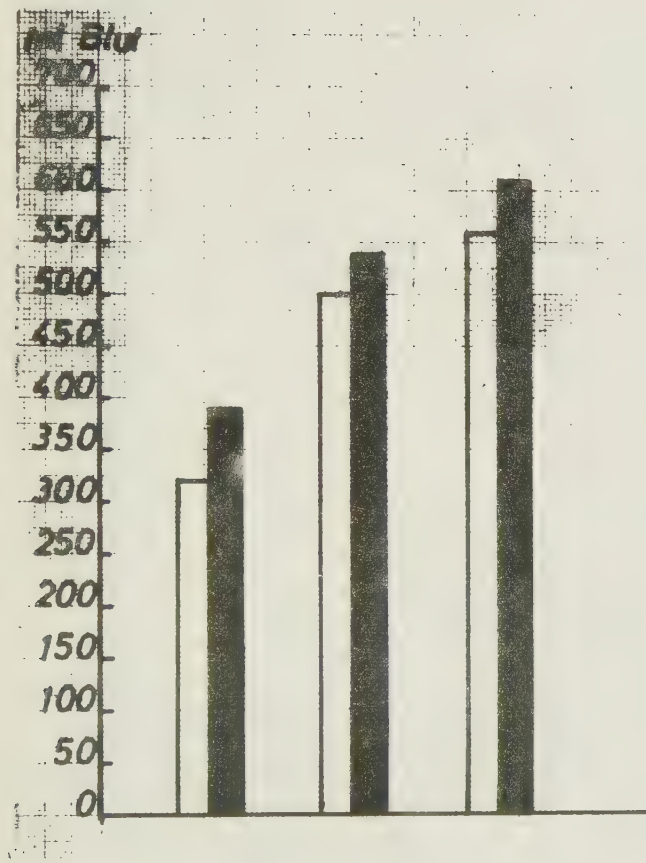


Abb. 9: Darstellung zu Tab. 7.

Vergleichende Messungen des Blutverlustes bei Nierenoperationen:

Die größten Differenzen zwischen den Meßwerten beider Geräte ergaben sich bei der Messung des Blutverlustes bei Nierenoperationen.

In allen vier Fällen übertrafen die Werte des Hämaporrhometers bei weitem die des Perdometers (Tab. 8).

Operation	Perdometer	Hämaporrhometer	Differenz
Nephroektomie b. 2-j. Kind	100	210	+110
Nephroektomie	320	400	+80
"	489	570	+81
Nephroektomie mit Cyste	1200	1320	+120

Tab. 8: Differenz des angezeigten Blutverlustes in ml
bei Nierenoperationen.

Wie bei den Prostataoperationen ist auch hier mit einer unbekannten Menge angesaugten Urins zu rechnen, welche durch ihren Gehalt an Elektrolyten die starke Abweichung der Ergebnisse des Hämaporrhometers von denen des Perdometers verursacht.

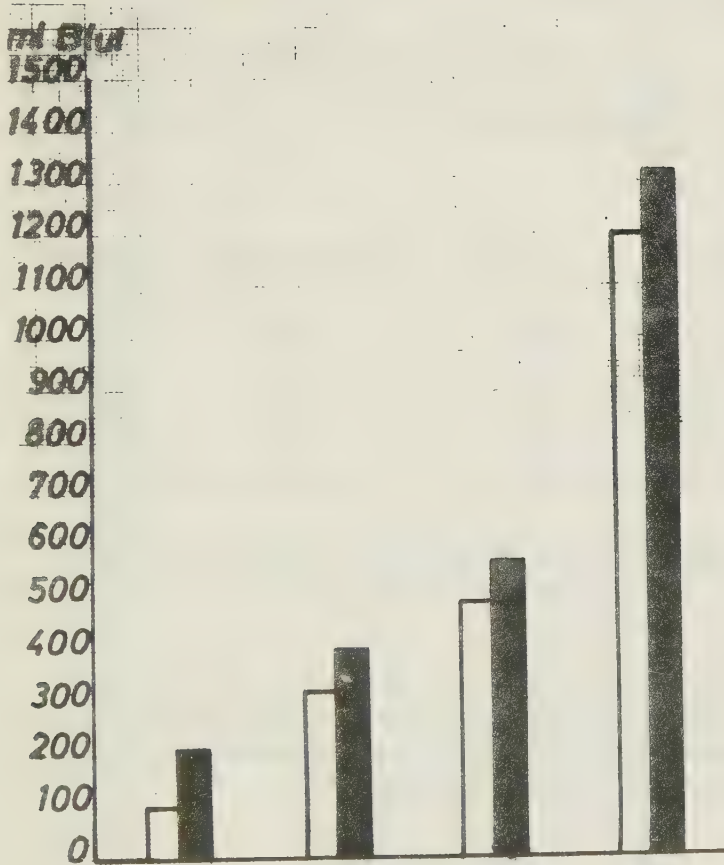


Abb. 10: Darstellung zu Tab. 8.

Vergleichende Messungen des Blutverlustes bei Thoraxoperationen:

Bei vier verschiedenen Thoraxoperationen wurde der Blutverlust gemessen, wobei wiederum eine Abweichung der Werte des Hämaporrhometers nach oben festzustellen war (Tab. 9).

Operation	Perdometer	Hämaporrhometer	Differenz
Mediastinal-tumor	100	115	+15
Lappenresekt.	348	400	+52
Bronchialabriß	755	765	+15
Decortikation	1210	1660	+450

Tab. 9: Differenz des angezeigten Blutverlustes in ml bei Lungen- und Thoraxoperationen.

Besonders in den Fällen der Lappenresektion und der Decortikation ist die große Differenz durch zusätzlich angesaugte Kochsalzlösung und andere elektrolythaltige Flüssigkeiten zu erklären (Erguß?).

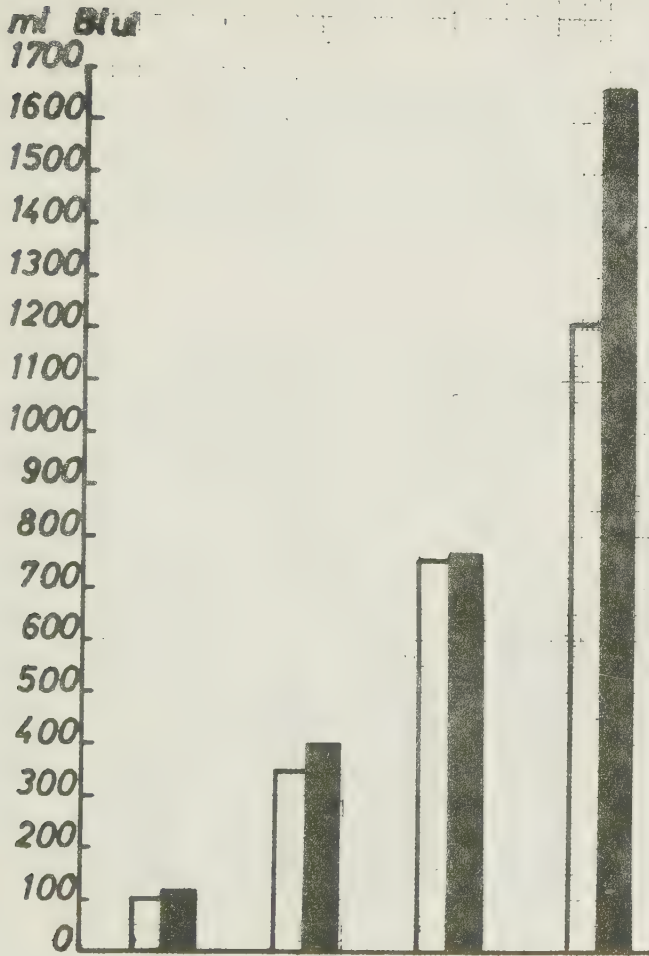


Abb. 11: Darstellung zu Tab. 9.

Vergleichende Messungen des Blutverlustes bei Mamma-
amputationen:

Bei den erfaßten Mammaamputationen wurden die durch das Hämaporrhometer angezeigten höheren Werte für den Blutverlust ebenfalls durch elektrolythaltige Kochsalz-lösung verursacht. Das wird besonders im letzten Fall (Tab. 10) deutlich, wo eine beträchtliche unbekannte Menge NaCl-Lösung zugegeben wurde.

Operation	Perdometer	Hämaporrhometer	Differenz
Mammaamputat.	200	250	+50
"	360	370	+10
"	402	415	+13
"	514	550	+36
"	996	1560	+564

Tab. 10: Differenz des angezeigten Blutverlustes in ml
bei Mammaamputationen.

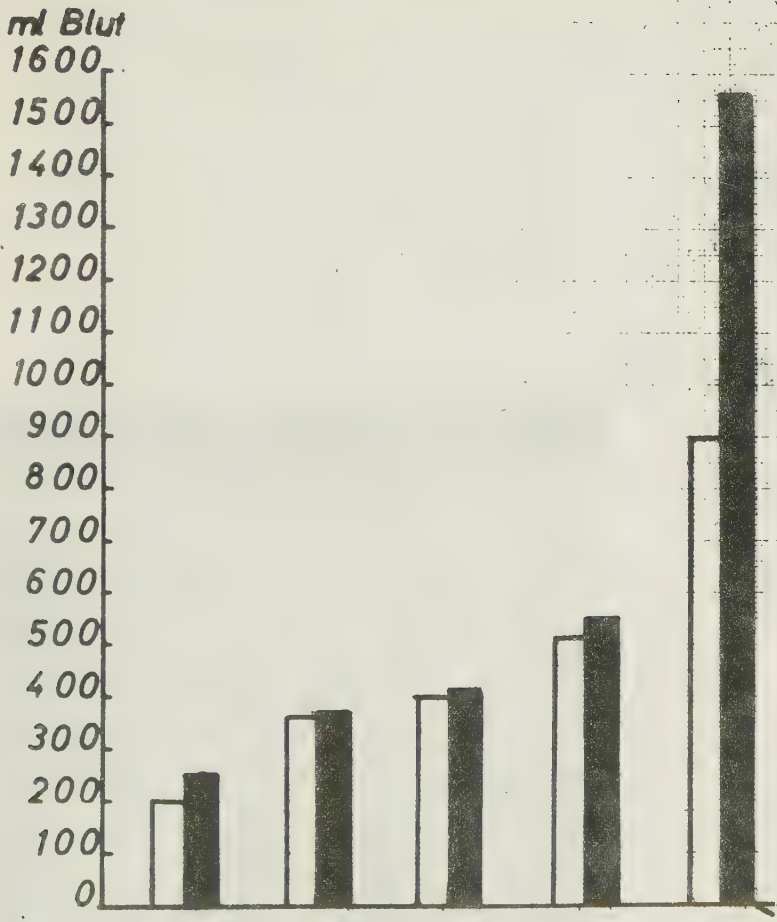


Abb. 12: Darstellung zu Tab. 10.

Vergleichende Messungen des Blutverlustes bei Rektumresektionen:

Die bei Erfassung des Blutverlustes bei Rektumresektionen aufgetretenen Differenzen der Meßwerte in beiden Geräten sind unerheblich und durch eine Beeinträchtigung durch NaCl-Lösung zu erklären (Tab. 12).

Operation	Perdometer	Hämaporrhometer	Differenz
Rektumresektion	426	430	+04
"	489	515	+26
"	750	770	+20

Tab. 12: Differenz des angezeigten Blutverlustes in ml bei Rektumresektionen.

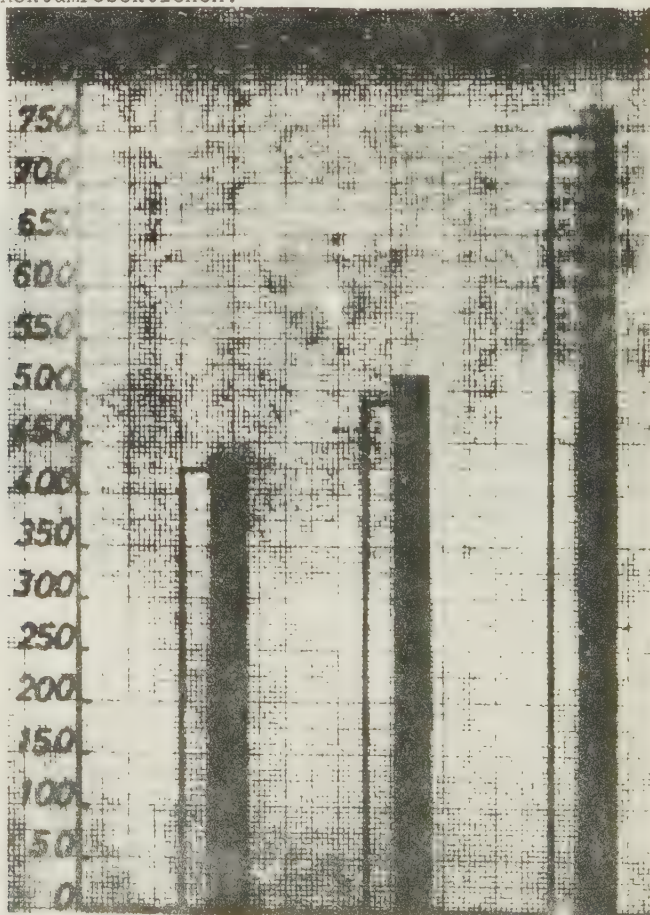


Abb. 13:

Darstellung zu
Tab. 12.

Vergleichende Messungen des Blutverlustes bei verschiedenen Operationen:

Außer bei den bisher aufgeführten Operationsarten wurden auch bei den verschiedensten anderen Operationen Messungen des Blutverlustes durch beide Geräte vorgenommen. Die im Hämaporrhometer angezeigten Werte lagen auch hier bei 9 von 10 Fällen höher als die im Perdometer angezeigten. Speziell im Falle der Pankreasfistel muß eine Veränderung des Meßwertes durch zusätzlich angesaugte fermenthaltige Flüssigkeit angenommen werden (Tab. 11).

Operation	Perdometer	Hämaporrhometer	Differenz
Nebenschilddrüsen- exstirpation	100	100	00
"	103	100	+3
Phäochromocytom	300	320	+20
Sektio Alta	380	385	+5
Milzexstirpation	410	415	+5
Hemicolektomie b. 12-jähr. Kind	414	460	+46
Schulterextraktion	646	670	+24
Pankreasfistel	1222	1350	+328
Schenkelhals- arthrose	2012	2080	+68
Phäochromocytom	1190	1245	+55

Tab. 11: Differenz des angezeigten Blutverlustes in ml
bei Operationen verschiedener Art.

E. Kritische Betrachtung der Ergebnisse:

Man könnte gegen das angewandte vergleichende Verfahren den Einwand erheben, daß das Hämaporrhometer nicht für die Messung von Blutverlusten bei Operationen mit Verwendung von Kochsalzlösung vorgesehen sei.

Es wurde jedoch schon darauf hingewiesen (vergl. S. 10), daß aus operationstechnischen und klinischen Gründen auf einen Ersatz der Kochsalzlösung durch Glucoselösung, welche die Meßergebnisse nicht beeinträchtigen würde, verzichtet werden muß. Selbst wenn Verwendung von Glukoselösung in der Praxis durchführbar wäre, würden die Ergebnisse des Hämaporrhometers doch noch in allen solchen Fällen verfälscht, in denen elektrolythaltige Stoffe, wie Galle, Urin, Ascites etc., unvermeidlich in das Meßgerät gelangen. Dazu kommt, daß bei Verwendung des Hämaporrhometers die merfenhaltigen Tupfer nicht mit in das Meßgerät gelangen dürfen, wenn die Ergebnisse nicht beeinträchtigt werden sollen (vergl. S. 9).

Trotz einer bestmöglichen Ausschaltung von Fehlerquellen bei den vergleichenden Messungen muß angenommen werden, daß die Ergebnisse noch mit unkontrollierbaren Fehlern behaftet sind (s. Wirkung von Urin, Galle- und Pankreassekret, Ascites u. a.). So kann eine Beeinträchtigung der Meßwerte durch nicht erfaßbare elektrolythaltige Stoffe im Hämaporrhometer einerseits und durch absorbierende Stoffe im Perdometer andererseits nicht ausgeschlossen werden.

Die absolute Meßgenauigkeit beider Geräte ist im "in-vitro-Versuch" sehr hoch: beide Geräte stimmen sowohl untereinander als auch mit den vorgegebenen Blutmengen überein. Wie diese Untersuchungen gezeigt haben, weicht jedoch das Hämaporrhometer oft von den vom Perdometer angezeigten Werten erheblich - und zwar stets in positiver Richtung (Anzeige zu groß) - ab. Hierbei konnte gelegentlich eine maximale Abweichung von ca. 20 % festgestellt werden. Die Genauigkeit des Perdometers konnte allerdings bei der Anwendung am Patienten aus begreiflichen

Gründen nicht bestimmt werden. Jedoch erscheint dieses Gerät eine kleinere Fehlerbreite zu besitzen als das Hämaporrhometer.

Beide Geräte eignen sich, selbst wenn man die größeren, aber systematischen Abweichungen des Hämaporrhometers zu Grunde legt, durchaus zur Bearbeitung wissenschaftlicher Fragestellungen.

Aus den gewonnenen Ergebnissen kann auf eine bessere Eignung des Perdometers für eine Anwendung in der Praxis geschlossen werden, da die Beeinträchtigung seiner Meßleistung durch nicht erfaßbare Faktoren größtmäßig erheblich unter der des Hämaporrhometers liegt.

Die sicherlich interessante Fragestellung, ob sich die Mengen des Blutverlustes innerhalb der einzelnen chirurgischen Eingriffe gleicher Art und der angewandten Operationsmethoden unterscheiden und von welchen Faktoren sie abhängig sind, wurde bei unseren Untersuchungen nur am Rande gestreift und bedarf einer erneuten, gezielten Untersuchung. Immerhin ergaben die Untersuchungen interessante Feststellungen hinsichtlich der Menge des Blutverlustes, die bei gleichen Operationsverfahren je nach Operateur differierte.

F. Zusammenfassung:

In der vorliegenden Arbeit wurde die Meßleistung zweier verschiedener Meßgeräte hinsichtlich der Höhe des Blutverlustes bei Operationen verglichen. Der Vergleich wurde ange stellt zwischen dem "Perdometer" (colorimetrische Methode) und dem "Hämaporrhometer" (Meßmethode: Änderung der elektrischen Leitfähigkeit durch Änderung des Elektrolytgehaltes einer Spülflüssigkeit). Es wurde bei insgesamt 80 Operationen verschiedener Art der Blutverlust gleichzeitig mit beiden Geräten gemessen.

Die Untersuchungen wurden an unausgewählten Fällen der Chirurgischen Universitätsklinik Marburg durchgeführt.

Die Messungen wurden mit einer Kombination beider Geräte durchgeführt.

Folgende Ergebnisse sind herauszustellen:

1. Bei "in-vitro-Versuchen" ist die absolute Meßgenauigkeit beider Geräte hoch.
Bei klinischen Versuchen liegen die Werte des Hämaporrhometers über denen des Perdometers;
2. Die Meßwerte beider Geräte für gleiche Mengen verlorenen Blutes differieren;
3. Das Hämaporrhometer zeigte durchschnittlich höhere Werte als das Perdometer (maximal +20 %);
4. Die Differenzen der Meßwerte wurden durch elektrolythaltige Flüssigkeiten verursacht, welche gleichzeitig mit dem Blut vom Gerät angesaugt wurden;
5. Als zusätzliche elektrolythaltige Flüssigkeiten kommen Galle, Urin, Magensaft, Ascites in Frage;
6. Die Meßwerte des Perdometers werden ebenfalls beeinträchtigt und zwar durch absorbierende Stoffe wie Fett und Baumwollfusseln;
7. Gegenüber dem Hämaporrhometer hat das Perdometer den Vorzug, daß damit der Blutverlust kontinuierlich während der Operation abgelesen werden kann, weil keine großen Korrekturen (Menge der verbrauchten Kochsalzlösung in Tüchern etc.) angebracht werden müssen;
8. Die Fehlerquellen des Perdometers sind geringer als die des Hämaporrhometers;
9. In der technischen Handhabung ist das Perdometer einfacher als das Hämaporrhometer;
10. Das Perdometer ist besonders durch seine leicht zerbrechliche Glasküvette im Material empfindlicher als das Hämaporrhometer.

G. Literaturverzeichnis:

- 1.) BARANOFSKY, I., TREOLAR, A., Blood Loss in Operation.
WANGENSTEEN, O.: Surgery 20, 761 (1946).
- 2.) BONICA, J., LYTER, C.: Measurement of Blood Loss
during Surgical Operation.
Amer. J. Surg. 81, 496 (1951).
- 3.) COLLIER, F., CROOK, C., Blood Loss in Surgical Operation.
IOB, V.: Journ. Amer. Med. Ass. 126,
Number 1, 1 - 4 (1944).
- 4.) GRUBER, U.: Das Hämaporrhometer, ein neues
Gerät zur Messung des intraope-
rativen Blutverlustes.
Helv. Chir. Acta 28, 1/2, 3 - 6
(1961).
- 5.) LE VEEN, H., RUBRICIUS, J.: Continuous Automat. Electronic
Determinations of operative Blood
Loss.
Surg. Gynec. Obstet. 106,
Number 3, 368 - 374 (1958).
- 6.) HERCUS, V., REEVE, T., Blood Loss during Surgery.
TRACY, G., RUNDLE, F.: Brit. Med. Journ., Dec. 2,
1467 - 69 (1961).
- 7.) KORTÜM, G.: Kolorimetrie, Photometrie und
Spektrometrie.
4. Aufl. Springer Berlin 1962.

- 8.) STANTON, J., LYON, R., Blood and available Fluid
FREIS, E., SMITHWICK, R.: Volume Studies in Surgical
Patients. Part II.
Surg. Gynec. Obstet. 89,
Number 2, 181 - 190 (1949).
- 9.) STEWART, D., ROURKE, M.: Changes in Blood and Intersti-
tial Fluid resulting from Sur-
gical Operation and ether An-
esthesia.
Journ. Clin. Investig. 17,
Number 4, 413 - 16 (1938).
- 10.) THORNTON, J., SAYNOR, R., Estimation of Blood Loss with
SCHROEDER, H., TAYLOR, D., Particular reference to Cardia
VEREL, D.: Surgery.
Brit. Journ. Anesth. 35,
Number 2, 61 (1963).

L e b e n s l a u f

Am 18. August 1937 wurde ich als Sohn des Kaufmannes Zeki Hammami Hauasli und seiner Ehefrau Hajat, geb. Hammami Hauasli, in Damaskus in Syrien geboren.

Nach dem Besuch einer dortigen Volksschule trat ich 1950 in das Naturwissenschaftliche Gymnasium in Damaskus ein, wo ich im August 1957 die Reifeprüfung ablegte.

Im September 1957 begann ich meine Ausbildung in Deutschland mit einem dreimonatigen Kurs im Goetheinstitut in Ebersburg bei München, wo ich die Grundkenntnisse der deutschen Sprache erwerben konnte.

Das Medizinstudium begann ich mit dem Wintersemester 1957/58 an der Universität München.

Mit dem Sommersemester 1958 setzte ich das Studium der Medizin an der Universität Marburg fort, wo ich nach dem Wintersemester 1958/59 die naturwissenschaftliche und nach dem 7. Semester die ärztliche Vorprüfung ablegte.

Nach dem Sommersemester 1964 meldete ich mich zum Staatsexamen, das ich am 19. Februar 1965 erfolgreich abgeschlossen habe.

Meine akademischen Lehrer waren die
Herren Professoren und Dozenten

in M ü n c h e n :

Dane, Lanz, Romeis, Wiberg,

in M a r b u r g :

Beckmann, Berendes, Bickel, Bock, Braun-Falco, Bücher,
Dimroth, du Mesnil, Eckstein, Exner, Gedick, Golenhofen,
Groß, Hartmann, Hensel, Heuser, Hildebrandt, Hornung,
Huber, Jacob, Lang, Linneweh, Lübbers, Mahr, Manger-König,
Martini, Maurath, Neubauer, Niessing, Nieth, Oehmig, Oksche,
Petry, Rodeck, Sauer, Seidel, Siegert, Siess, Schleyer,
Schmid, Schmitz, Schölmerich, Schwaiger, Stender, Stein,
Straub, Streicher, Walcher, Würterle.

Zum Schluß der Arbeit möchte ich
Herrn Prof. Dr. M. Schwaiger herzlich danken
für die freundliche Genehmigung
zur Benutzung der klinischen Einrichtungen
und Herrn Priv.-Doz. Dr. H. Oehmig für die
wohlwollende Anleitung und mir reichlich
zuteil gewordene Unterstützung.
Den Operationsschwestern der Chirurgischen
Klinik ebenfalls meinen Dank für ihre
technische Unterstützung.

